Journal of Agricultural Machinery

Homepage: https://jame.um.ac.ir

Research Article
Vol. 13, No. 3, 2023, p. 335-348

Measurement of Losses in a Austoft Sugarcane Harvester Case 7000

V. Ebrahim Khanloo Sisi[1], N. Monjezi[2*], M. Soleymani[2]

1- MSc. Student of Agricultural Mechanization, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2- Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
(*- Corresponding Author Email: n.monjezi@scu.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jam.2022.75517.1094

Received: 25 February 2022 Revised: 12 April 2022 Accepted: 30 April 2022 Available Online: 01 May 2022	**How to cite this article:** Ebrahim Khanloo Sisi, V., Monjezi, N., & Soleymani, M. (2023). Measurement of Losses in a Austoft Sugarcane Harvester Case 7000. Journal of Agricultural Machinery, 13(3), 335-348. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jam.2022.75517.1094

Introduction

Sugarcane is one of the strategic products of Khuzestan province, which is cultivated in 10 active agro-industrial sites and covers an area of about 110,000 hectares of irrigated farms in the province. Sugarcane harvesting, like most crops, is done by special sugarcane harvesters. Due to the life of machines and also the amount of heavy machine operations in each season of sugarcane harvest, the loss is inevitable. On the other hand, in Khuzestan province, due to lack of studies, there is little information in this area. Therefore, the aim of this study is to investigate the extent of losses during sugarcane harvesting operations, taking into account factors such as cultivars, age of sugarcane, and reaping speed of the Astaf 7000 model. The study will be conducted at the sugarcane agro-industrial site of Dehkhoda in 2021.

Materials and Methods

The experiment was conducted as a factorial split-plot design based on randomized complete blocks (RCBD) with three replications. The first factor included four levels of cultivars (IRC-12, CP48-103, CP 73-21, and CP69-1062), the second factor included three levels of harvest age (plant, Ratoon 1, Ratoon 2), and the third factor included three levels of speed (3, 5, and 7 km h^{-1}). Sampling was carried out under the same and constant conditions with respect to soil moisture content, harvester operator, harvester characteristics, harvester settings, and crop density in each field.

Results and Discussion

The results of analysis of variance of the data obtained from measuring sugarcane losses showed that the effect of cultivar on yield, full-length sugarcane, chopped sugarcane and splinter sugarcane had a significant effect at a probability level of one percent. The effect of age had a significant effect on yield, full-length sugarcane, chopped sugarcane with a probability level of one percent, but had no significant effect on the amount of splinter sugarcane. The interaction between cultivar and age had a significant effect on yield, chopped sugarcane, and full-length sugarcane with a probability level of one percent and on splinter sugarcane with a probability level of five percent. The effect of machine speed had a significant effect on full-length sugarcane, chopped sugarcane and splinter sugarcane with a probability level of one percent, but had no significant effect on yield. The interaction of cultivar and machine speed had a significant effect on yield, full-length sugarcane, chopped sugarcane and splinter sugarcane with a probability level of one percent. The interaction effect of age and machine speed on yield had a significant effect on full-length sugarcane and splinter sugarcane with a probability level of one percent and on the amount of splinter sugarcane with a probability level of five but had no significant effect on yield. Also, the interaction of cultivar, age and machine speed had a significant effect on yield, full-length sugarcane and chopped sugarcane with a probability level of one percent, but had no significant effect on the amount of splinter sugarcane. The results showed that the highest yield in CP69-1062 variety was observed in the plant farm with average machine speed (144.33 tons per hectare). Also, the highest amount of sugarcane losses in cultivar CP48-103 in Raton II and with 7 km h^{-1} machine speed (3.32 tons per hectare), the

highest amount of chopped sugarcane losses in cultivar CP48-103 in plant farm and with average speed (1.78 tons per hectare) was observed. According to the results under the interaction of cultivar and device speed, the highest amount of sugarcane losses in CP69-1062 cultivar and high speed (0.314 tons per hectare) as well as IRC-12 cultivar and high speed (0.308 tons in Hectares), and under the interaction of farm age and speed of the harvester, the highest amount of sugarcane losses was observed in Ratoon farm and the high speed of the harvester (0.300 tons per hectare).

Conclusion

Therefore, in order to reduce the amount of losses in sugarcane fields, it is recommended to use resistant and somewhat later cultivars for cultivation, because early cultivars are more fragile during harvest due to stem fragility and the rate of losses increases. Also, Harvester speed optimization reduces the amount of losses, and due to the increase in the rate of losses in reclaimed farms, it is recommended to create more resistant stem tissue by proper plant nutrition and more care to reduce the rate of losses in ratoon farms.

Keywords: Austoft 7000, Harvester, Losse, Sugarecane

نشریه ماشین‌های کشاورزی
https://jame.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱٤۰۲، ص ۳٤۸-۳۳٥

اندازه‌گیری میزان افت در ماشین برداشت نیشکر مدل آستافت ۷۰۰۰

وحید ابراهیم خانلوی سیسی[1]، نسیم منجزی[2]*، محسن سلیمانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰

چکیده

نیشکر با سطح زیرکشت ۱۱۰ هزار هکتار یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی- صنعتی کشور است. فرآیند تولید این محصول، ضایعات بالایی به دنبال دارد. بخشی از این ضایعات مربوط به شرایط تولید محصول در مزرعه و بخشی مربوط به فرآوری تولید شکر از نیشکر در کارخانه است. هدف این تحقیق، اندازه‌گیری میزان افت نیشکر (نی قدی، نی خرد شده و نی تراشه) در روش برداشت سوخته در مزارع شرکت کشت و صنعت دهخدا در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلیت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اول شامل رقم در ۴ سطح (ارقام IRC-12، CP48-103، CP73-21 و CP69-1062)، عامل دوم سن برداشت در سه سطح (کشت اول، بازرویی ۱ و بازرویی ۲) و عامل سوم شامل سرعت ماشین برداشت در سه سطح (سرعت کم برابر ۳ کیلومتر بر ساعت، سرعت متوسط برابر ۵ کیلومتر بر ساعت و سرعت زیاد برابر ۷ کیلومتر بر ساعت) بود. نتایج تحقیق نشان داد بیشترین میزان عملکرد در رقم CP69-1062 در مزرعه‌ی کشت اول و با سرعت متوسط دستگاه مشاهده شد (۱۴۴/۳۳ تن در هکتار). همچنین بیشترین میزان ضایعات نی قدی در رقم CP48-103 در بازرویی دوم و با سرعت زیاد دستگاه و بیشترین میزان افت نی خرد شده در رقم CP48-103 در مزرعه کشت اول و با سرعت متوسط به‌ترتیب برابر ۳/۳۲ و ۱/۷۸ تن در هکتار مشاهده شد. با توجه به نتایج تحت اثر متقابل رقم و سرعت دستگاه، بیشترین میزان افت نی تراشه در رقم CP69-1062 و سرعت زیاد دستگاه برابر ۰/۳۱۴ تن در هکتار و همچنین رقم IRC-12 و سرعت زیاد دستگاه برابر ۰/۳۰۸ تن در هکتار و تحت اثر متقابل سن مزرعه و سرعت دستگاه ماشین برداشت بیشترین میزان افت نی تراشه در مزرعه بازرویی یک و سرعت زیاد دستگاه ماشین برداشت برابر ۰/۳۰۰ تن در هکتار اندازه‌گیری شد.

واژه‌های کلیدی: آستافت ۷۰۰۰، ضایعات، ماشین برداشت، نیشکر

مقدمه

نیشکر یکی از محصولات استراتژیک استان خوزستان است که در ۱۰ کشت و صنعت فعال و مساحتی حدود ۱۱۰ هزار هکتار از اراضی فاریاب استان کشت می‌شود (Monjezi, 2019). دما و رطوبت نسبی هوا، سبز یا سوخته بودن برداشت نیشکر، قلمه یا تمام‌قد بودن نیشکر برداشت‌شده، رقم محصول، میزان رسیدگی محصول و محتوای قند آن، مدت‌زمان تأخیر در انتقال محصول به کارخانه، میزان رطوبت ساقه و وقوع بارندگی همگی بر میزان افت قندی محصول در زمان برداشت مؤثر است (Monjezi, Zaki Dizaji, Sheikh Davoodi, Marzban, & Shamili, 2018). برداشت نیشکر همانند بیشتر گیاهان زراعی توسط ماشین برداشت‌های مخصوص برداشت نیشکر انجام می‌شود (Monjezi, 2021). با توجه به عمر دستگاه‌های فعال در کشت و صنعت‌های استان و همچنین حجم سنگین عملیات ماشینی در هر فصل برداشت نیشکر ایجاد ضایعات اجتناب‌ناپذیر است (Ahmadi, Asudar, Jamshidi, & Shamili, 2014).

براساس یافته‌های تحقیقی، برش نامناسب، ریزش در قسمت‌های مختلف ماشین برداشت به‌خصوص زیر الواتور ماشین برداشت از مهم‌ترین ضایعات حین برداشت نیشکر می‌باشد (Adibzadeh & Zaki Dizaji, 2019). نتایج مطالعه مومین و همکاران (Momin, Wempe, Grift, & Hansen, 2017) در استرالیا نیز نشان داد که ضایعات پلیسه‌ای خارج شده از فن اولیه ماشین برداشت نیشکر می‌تواند مقدار بالا و در حد ۱۰ درصد از کل محصول باشد که باعث زیانی معادل ۵۰ میلیون دلار در سال گردد. ما و همکاران (Ma, Karkee, Scharf, & Zhang, 2014) نیز در گزارش خود اشاره می‌کنند که ضایعات نیشکر در زمان برداشت از فن اولیه می‌تواند بین

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: n.monjezi@scu.ac.ir
https://doi.org/10.22067/jam.2022.75517.1094

۱۰–۲۰ تن و از عدم تنظیم صحیح تیغه برش ۱۰–۲ تن در هکتار بالغ گردد. در تحقیقی اشرف و همکاران (Ashraf, Naik, & Roy, 2018) نشان دادند که افزایش دور فن به جهت کاهش فقط یک درصد از شاخ و برگ همراه ساقه‌های نیشکر، بیش از ۴ تن در هکتار ضایعات پلیسه‌ای را افزایش داد. بنابراین لازم است دور فن اولیه متناسب با حجم شاخ و برگ ورودی به ماشین برداشت و میزان چسبندگی آن‌ها به ساقه‌های نیشکر و حتی قطر ساقه‌های در حال برداشت تغییر یابد. مطالعات ما و همکاران (Ma *et al.*, 2014) نشان می‌دهد که برش ساقه نیشکر به قطعات ۲۰–۳۰ سانتی‌متری نسبت به قطعات بلندتر ۴۰–۵۰ سانتی‌متری باعث افزایش ۳–۲ درصد ضایعات قندی ناشی از تلفات ساقه‌های پلیسه‌ای در مزرعه می‌شود. دلیل آن خروج بیشتر شربت حین عبور نیشکر از بین قسمت‌های مختلف ماشین برداشت، کاهش سریع‌تر رطوبت قطعات کوچک‌تر و آلودگی بیشتر به عوامل میکروبی حین و پس از برداشت عنوان شده است.

سیریتیماجاک و پراماواجانیکی (Siritumajak & Pramuanjaroenkij, 2020) در بررسی سرعت بهینه فن تمیزکننده ماشین برداشت کیس[1] در برداشت نیشکر رقم KK3 گزارش کردند که حداقل ضایعات در دور ۷۰۰ دور در دقیقه بود و با افزایش سرعت میزان ضایعات افزایش می‌یافت. بنابراین سرعت ۷۰۰ دور در دقیقه را به‌عنوان سرعت بهینه در فرآیند برداشت نیشکر رقم KK3 برای کاهش تلفات پیشنهاد دادند. حسن (Hassan, 2019) در تحقیقی به بررسی و ارزیابی تأثیر نوع تیغه‌های برش و زاویه برش ساقه بر بهره‌وری و عملکرد دستگاه برداشت نیشکر پرداخت. در این تحقیق چهار سرعت ۲/۴، ۳/۲، ۴/۱ و ۵/۲ کیلومتر در ساعت و سه نوع تیغه برش شامل تیغه صاف، تیغه‌های دندانه‌دار و تیغه‌های سریع‌التعویض و تیغه‌های چهاروجهی با زاویه‌های برش صفر، ۱۰، ۱۷/۵ و ۲۲/۵ درجه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که حداکثر بهره‌وری، حداقل تلفات و آسیب به تیغه‌ها و نیز کارایی عملکرد در برش با تیغه‌های دندانه‌دار با زاویه ۱۷/۵ درجه حاصل گردید. متانکر و همکاران (Mathanker *et al.*, 2015) در تحقیقی به بررسی تأثیر نوع تیغه‌های برش (شامل تیغه مستقیم، تیغه زاویه‌دار، تیغه دندانه‌دار و تیغه‌های لیزری) بر میزان ضایعات مزارع نیشکر پرداختند. شاخص‌های مورد بررسی شامل کیفیت برش، تکه‌تکه شدن ساقه‌ها، آسیب به سیستم ریشه‌ای ساقه‌های برداشت‌شده بود. ایشان گزارش دادند که نوع تیغه تأثیر معنی‌داری بر روی میزان افت در حین برداشت دارد و بیشترین آسیب به ساقه نیشکر و نیز تولید ضایعات در تیغه‌های مستقیم اندازه‌گیری شد. راموس و همکاران (Ramos, Lanças, de Lyra, & Millani, 2014) به بررسی کیفیت برداشت مکانیزه نیشکر به‌عنوان تابعی از سرعت کمباین و دور موتور سکوی برداشت پرداختند. در این تحقیق سرعت ۴ و ۵/۵ کیلومتر در ساعت و سه دور ۱۸۰۰، ۱۹۵۰ و ۲۱۰۰ دور در دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش میزان سرعت کمباین میزان ضایعات برداشت افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به یافته‌های این تحقیق دور موتور تأثیر معنی‌داری بر میزان ضایعات تولیدی حین برداشت نداشت. بررسی‌های حاصل از مطالعات مشابه نیز، وجود ضایعات در طی فرآیند تولید نیشکر را تأیید می‌نماید (Shomeili, 2012; Colwick & Barker, 1975; Coats, 2001; Wiedenfeld, 2009; Schroeder *et al.*, 2009; Meyer, 2005).

در استان خوزستان به دلیل عدم انجام مطالعات و شناسایی ضایعات در عملیات تولید نیشکر، اطلاعات اندکی در این زمینه وجود دارد و در حال حاضر به‌خاطر فقدان یک سیستم مناسب برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به ضایعات نیشکر، بی‌اطمینانی زیادی در این خصوص وجود دارد که نهایتاً قدرت تصمیم‌گیری و عملکرد مناسب را در این زمینه سلب خواهد کرد. بر همین اساس، هدف این تحقیق بررسی میزان افت حین عملیات برداشت براساس ارقام، سن نیشکر و نیز تحت سرعت‌های مختلف حرکت ماشین برداشت مدل آستافت ۷۰۰۰ نیشکر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در شرکت کشت و صنعت دهخدا در سال زراعی ۱۴۰۰–۱۳۹۹ انجام شد. این شرکت در ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. متوسط ارتفاع این شرکت از سطح دریا ۱۸/۱ متر است. در اراضی مذکور، بافت خاک به‌طور عمده، سنگین است و بادهای گرم و خشک در طول فصل بهار و تابستان جریان دارند. خالص اراضی این کشت و صنعت ۱۱۳۶۹ هکتار و ظرفیت اسمی تولید در آن به‌ترتیب ۱۰۰ هزار تن شکر خام و ۱۷۵ هزار تن شکر سفید می‌باشد.

نحوه‌ی برداشت نیشکر با ماشین برداشت مدل آستافت ۷۰۰۰

حین پیشروی ماشین برداشت در یک ردیف نیشکر ابتدا سر نی توسط تاپر[2] یا هدایت‌کننده سر نی جدا شده و در مزرعه بر روی زمین ریخته می‌شود.

1- CASE

2- Topper



شکل ۱– برداشت نیشکر توسط ماشین برداشت آستافت ۷۰۰۰
Fig.1. Sugarcane harvest by Austoft Sugarcane Harvester case IH 7000

سپس نیشکر توسط بیس کاتر[1] یا تیغه‌های برش از سطح زمین برش داده شده و به داخل ماشین برداشت کشیده می‌شود. پس از آن نیشکر توسط غلتک‌ها تمیز شده و به قسمت چاپر[2] انتقال داده می‌شود و در این قسمت ساقه نیشکر به قطعاتی به‌طور حداکثر ۳۰ سانتی‌متر برش داده‌شده و توسط قسمت انتقال‌دهنده (الواتور) به درون سبدهای حمل نی تخلیه می‌شود و توسط این سبدها به بیرون از مزرعه حمل می‌گردد (شکل ۱).

مشخصات ماشین برداشت مدل آستافت ۷۰۰۰[3]

ماشین برداشت آستافت ۷۰۰۰ دارای موتور کومنز[4] با قدرت ۳۰۰ اسب بخار است. این دستگاه شامل بخش‌های مختلفی از قبیل جداکننده، تاپر، بیس کاتر، غلتک‌های انتقال‌دهنده‌ی نی، چاپر، دمنده یا فن‌های اولیه و ثانویه است. لازم به ذکر است که انتقال قدرت در این ماشین برداشت به‌صورت هیدرولیک می‌باشد. مشخصات عمومی ماشین برداشت آستافت ۷۰۰۰ در جدول ۱ ذکر شده است.

ضایعات در مرحله‌ی برداشت نیشکر

عوامل مؤثر در ضایعات نیشکر در زمان برداشت به‌طور کلی شامل ضایعات ناشی از عملکرد ماشین برداشت، ضایعات ناشی از تأخیر در برداشت، مسائل مربوط به نیروی انسانی شامل اپراتوری و مجموعه‌ی سرپرستی، افت ناشی از عملکرد لیلیکو (مشابه برداشت دستی) و شرایط مزرعه است (Zaki Dizaji & Manjezi, 2019). به‌طور کلی عملکرد ضعیف ماشین برداشت سبب ایجاد افت نی به‌صورت نی قدی برداشت نشده (نیشکر درو نشده)، نی قلمه شده، تکه‌های نی کوچک قلمه شده، نی تراشه و ته نی می‌شود.

اجرای آزمایش

این آزمایش به‌منظور اندازه‌گیری میزان افت نیشکر در روش برداشت سوخته در کشت و صنعت نیشکر دهخدا در سال زراعی ۱۳۹۹–۱۴۰۰ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلیت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اول شامل رقم در ۴ سطح (ارقام IRC-12، CP48-103، CP73-21 و CP69-1062)، عامل دوم سن برداشت در سه سطح (کشت، بازرویی ۱ و بازرویی ۲) و عامل سوم شامل سرعت ماشین برداشت در سه سطح (سرعت کم برابر ۳ کیلومتر بر ساعت، سرعت متوسط برابر ۵ کیلومتر بر ساعت و سرعت زیاد برابر با ۷ کیلومتر) بود.

این آزمایش شامل ۳ تکرار و هر تکرار شامل ۱۶ کرت بود که طول هر کرت ۲۵۰ متر و عرض آن‌ها ۳۶ متر (۲۰ فارو، هر فارو به طول ۱/۸۳ متر) بود. پس از برداشت نیشکر توسط ماشین برداشت مدل آستافت ۷۰۰۰، افت شامل نی قدی (ساقه‌های قابل‌برداشت نیشکر که به‌صورت کامل و به‌اصطلاح قدی و قطعه نشده در مزرعه بر جا ماندند)، نی قلمه شده (قسمتی از ساقه نی که هنگام برداشت توسط ماشین برداشت بریده شد ولی به دلایل مختلفی همچون بیش باری، عدم حرکت هماهنگ سبد حمل نی و ماشین برداشت بارگیری نشده و در سطح مزرعه پراکنده گردید) و نی تراشه شده (قسمتی از ساقه که در اثر عدم تنظیم فن اولیه ماشین برداشت و برخورد به آن

1- Base cutter
2- Chopper
3- Austoft Sugarcane Harvester case 7000
4- Cummins

آسیب‌دیده و به‌صورت تکه‌تکه در سطح مزرعه باقی مانـد، ایـن افـت ممکن است ناشی از عملکرد نامناسب تیغه برش، سرزن و خردکن نیز باشد) اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی به‌وسیله‌ی پلات ۵*۵ متر در سه تکرار انجام شـد. همچنـین نمونـه‌گیـری در شـرایط یکسان و ثابت از نظر میزان رطوبت خاک، اپراتـور ماشـین برداشـت، مشخصـات ماشـین برداشـت، تنظیمـات ماشـین برداشـت و تـراکم محصول در مزرعه برای هرکرت انجام شد.

جدول ۱- مشخصات فنی ماشین برداشت

Table 1- Technical specifications of harvester

نام دستگاه **Machine name**	ماشین برداشت آستافت ۷۰۰۰ **Austoft Sugarcane Harvester case 7000**
مدل دستگاه Machine model	2003
قدرت Power	300 hp
دور موتور Motor speed	2000 rpm
دور فن Fan speed	800 rpm
طول قلمه‌های خردشده The length of chopped cuttings	30 cm

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

پـس از انـدازه‌گیـری متغیرهـای تحقیـق و جمـع‌آوری داده‌هـا، تجزیه‌ی واریانس با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS V22 انجـام شـد. همچنین مقایسه میانگین با استفاده از آزمـون چنـد دامنـه دانکـن در سطح پنج درصد صورت گرفت. برای رسم شکل از نـرم‌افـزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری افت نیشـکر در جدول ۲ بیان شده است. بر این اساس، اثر رقم بر عملکرد (تـن در هکتار)، نی قدی، نی خرد شده و نی تراشه تأثیر معنی‌داری بـا سـطح احتمال یک درصد داشت. اثر سن مزرعه نیز بر عملکرد، نی قدی، نی خرد شده با سطح احتمال یک درصد تأثیر معنـی‌داری داشـت امـا بـر روی میزان نی تراشه تأثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل رقـم و سـن مزرعه نیز بر عملکرد، نی تراشه، نی قدی با سطح احتمال یک درصد و بر روی نی خرد شده با سطح احتمال پنج درصـد تـأثیر معنـی‌داری داشت. اثر سرعت دستگاه نیز بر روی افت نی قدی، نی خـرد شـده و نی تراشه با سطح احتمال یک درصد تأثیر معنـی‌داری داشـت امـا بـر روی عملکرد تـأثیر معنـی‌داری نداشـت. اثـر متقابـل رقـم و سـرعت دستگاه بر روی عملکرد، نی قدی، نی خرد شده و نی تراشه با سـطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل سـن برداشـت و سرعت دستگاه بر عملکرد و بر میزان افت نی قـدی و نـی تراشـه بـا سطح احتمال یک درصد و بر میزان نی خرد شده با سطح احتمال پنج تأثیر معنی‌داری داشت اما بر روی میـزان عملکـرد تـأثیر معنـی‌داری نداشت. همچنین اثر متقابل رقم، سن مزرعـه و سـرعت دسـتگاه بـر روی عملکرد، نی قدی و نی خرد شده با سـطح احتمـال یـک درصـد تأثیر معنی‌داری داشت اما بر روی میزان نی تراشـه تـأثیر معنـی‌داری نداشت (جدول ۲).

عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم، اثر متقابل رقم و سـرعت دستگاه، و اثر متقابل رقم، سن مزرعـه و سـرعت دسـتگاه بـا سـطح احتمال یک درصد، و اثر سن مزرعه و اثر متقابل سن مزرعه و سرعت دستگاه با سطح احتمال پنج درصد بر روی میزان عملکرد معنی‌دار شد اما اثر سرعت دستگاه بر روی میزان عملکرد اثـر معنـی‌داری نداشـت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین میزان عملکرد در رقم CP69-1062 در مزرعه‌ی کشت اول و با سرعت متوسط دستگاه برابر ۱۴۴/۳۳ تن در هکتار و کمترین میزان عملکرد در رقم IRC-12 در مزرعه بازرویی دو و با سرعت زیاد دستگاه برداشت برابر ۶۸ تن در هکتار مشاهده شد (شکل ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس میزان افت نیشکر تحت تأثیر عامل سن، رقم نیشکر و سرعت ماشین برداشت

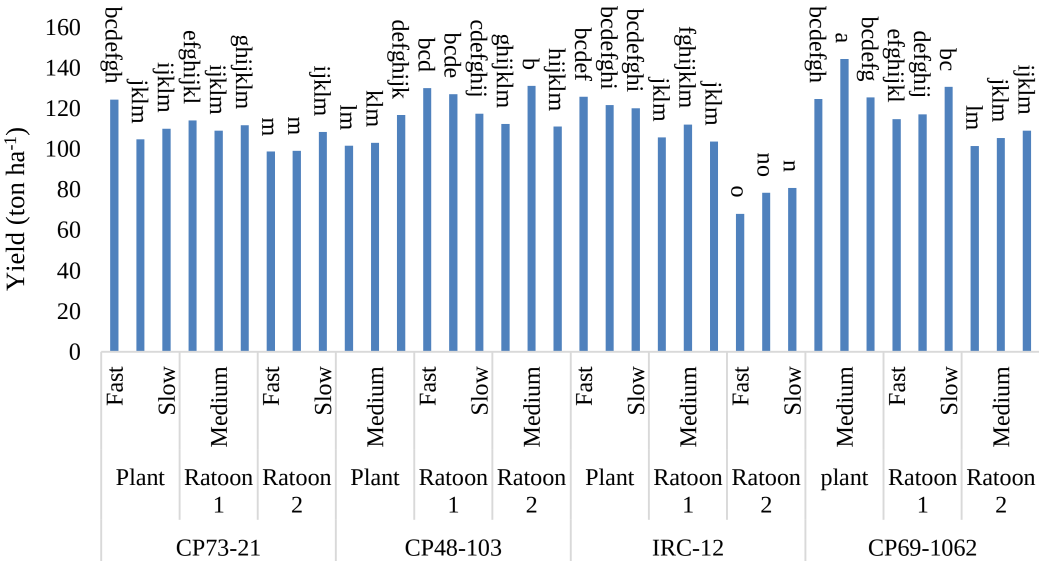
Table 2- Analysis of variance of sugarcane losses under the influence of age, sugarcane cultivar and harvester speed

منابع تغییرات Sources	درجه آزادی d.f.	میانگین مربعات Mean of squares			
		عملکرد Yield	نی قدی Full-length	نی خرد شده Chopped	نی تراشه Splinter
Replication بلوک	2	33.49^{ns}	0.03^{ns}	0.05*	0.0004^{ns}
Cultivar رقم	3	1595.88**	3.85**	0.42**	0.02**
Age سن	2	3356.13**	0.62**	0.14**	0.00005^{ns}
Cultivar*Age رقم*سن	2	1504.43**	0.86**	0.27**	0.007*
Main error خطای اصلی	22	53.18	0.04	0.01	0.001
Speed سرعت دستگاه	2	118.21^{ns}	5.59**	1.46**	0.02**
Cultivar*Speed رقم *سرعت دستگاه	6	157.19**	0.70**	0.28**	0.01**
Age*Speed سن * سرعت دستگاه	4	65.91^{ns}	0.19**	0.13**	0.004*
رقم*سن *سرعت دستگاه Cultivar*Age*Speed	12	233.54**	0.60**	0.26**	0.003^{ns}
Total error خطای کل	107	46.85	0.03	0.01	0.0017
Coefficient of variation (CV) ضریب تغییرات	-	6.14	10.13	8.42	15.66

**تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد، *تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد، ns عدم معنی‌دار بودن

ns: None significant, *Significant at the probability level of 5%, **Significant at the probability level of 1%

مـــرادی و همکـــاران (Moradi, Siadat, Siahpoosh, Bakhshandeh, & Moradi Talawat, 2020a) در تحقیقی نشـان دادند که ارقام نیشکر بر میزان عملکرد در واحد سطح تأثیرگذار است. بالاترین عملکرد بـا میـانگین ۹۲/۸ تـن در هکتـار مربـوط بـه رقـم CP69-1062 بود. همچـنین براساس نتـایج تحقیـق ولاشـجردی و همکـاران (Volashjerdi, Hamzeh, Moghaddasi, & Shini Dashtgol, 2018) سن و رقم نیشکر بر میزان عملکرد آن اثرگذارنـد و با افزایش سن نیشکر از کشت تا بازرویی عملکرد کاهش می‌یابد. در واقـع کـاهش عملکـرد، یکـی از معایـب بـازرویی‌هـا مـی‌باشـد و بـا بازرویی‌های بعدی میزان عملکرد مزرعه کاهش می‌یابد.



شکل ۲- اثر متقابل تیمارهای رقم، سن مزرعه و سرعت دستگاه بر عملکرد

Fig.2. Interaction of cultivar, age and machine speed treatments on yield

همان‌طور که نتایج نشان داد، حداکثر عملکرد محصول در مرحله‌ی اول رشد به‌دست می‌آید زیرا بوته‌ها توزیع فضایی بهتری داشته و از مواد غذایی آزادشده از خاک و از ساختمان و نفوذپذیری بهبودیافته خاک طی دوران آیش فصلی بهره بیشتری می‌برند. عملکرد محصول طی سال‌های بعد، علی‌رغم افزایش تعداد ساقه در واحد سطح، به‌تدریج کاهش می‌یابد و در نهایت بازده‌ی مزرعه غیراقتصادی می‌شود. در شرایط خوزستان، مزرعه‌ی نیشکر پس از ۵ تا ۷ بار برداشت، عملکرد غیراقتصادی شده و مجدداً شخم زده شده و کشت می‌گردد.

نی قدی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشاهده شد که اثر تیمارهای تحقیق و اثر متقابل آن‌ها بر روی میزان افت نی قدی با سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان افت نی قدی در رقم CP48-103 در بازرویی دوم و با سرعت دستگاه سریع برابر ۳/۳۲ تن در هکتار اندازه‌گیری شد که البته با میزان افت نی قدی در رقم IRC-12 و مزرعه‌ی کشت اول و سرعت سریع دستگاه که برابر ۳/۱۶ تن در هکتار بود، تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳). کمترین میزان افت نی قدی نیز در CP69-1062 در مزرعه‌ی کشت اول و با سرعت آهسته دستگاه برابر ۰/۸۳ تن در هکتار اندازه‌گیری شد (شکل ۴). بنابراین نتایج نشان داد که با کاهش سرعت حرکت ماشین برداشت و به دنبال آن افزایش زمان لازم جهت برداشت سطح مشخصی از مزرعه، در نتیجه، دقت در عملیات برداشت افزایش می‌یابد و به دنبال آن، میزان نی‌های قدی برداشت نشده نیز کاهش می‌یابد. نتیجه مطالعات مشابه بر روی میزان افت برداشت نیشکر در واحدهای شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان نیز نشان داد که با اصلاح شرایط زراعی و تنظیمات صحیح ماشین برداشت نی، می‌توان افت را تا ۳/۹۱ تن در هکتار کاهش داد (Qasem Nejad Maleki, 2000). همچنین، راموس و همکاران (Ramos *et al.*, 2014) به بررسی میزان افت در برداشت نیشکر به‌عنوان تابعی از سرعت ماشین برداشت پرداختند. در این تحقیق سرعت ۴ و ۵/۵ کیلومتر در ساعت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش میزان سرعت ماشین برداشت میزان افت برداشت افزایش می‌یابد.

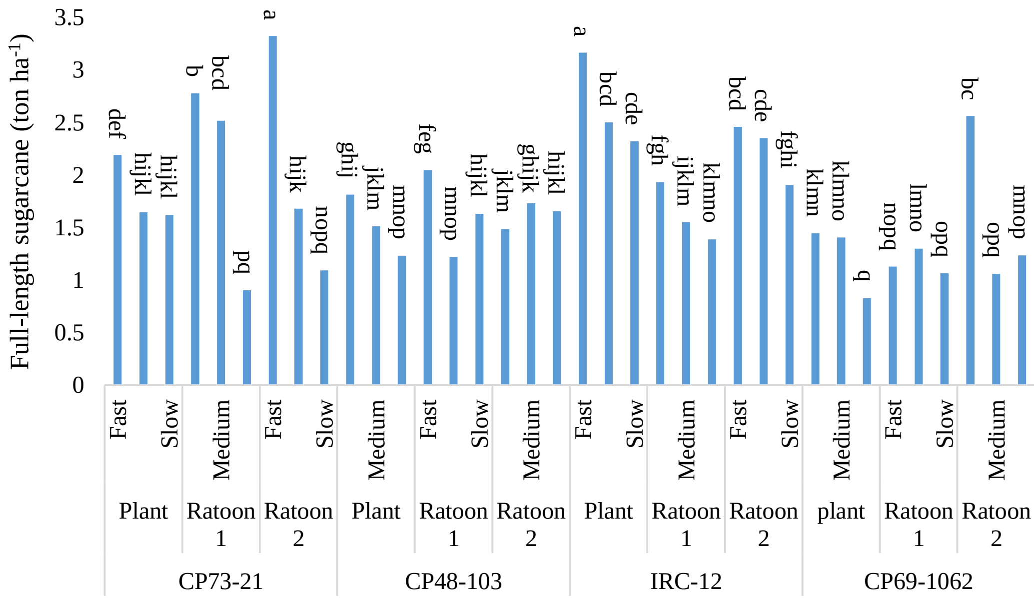
نی خردشده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای تحقیق و اثر متقابل آن‌ها بر روی میزان افت نی خرد شده با سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، بیشترین میزان افت نی خرد شده در رقم CP48-103 در مزرعه‌ی کشت اول و با سرعت متوسط برابر ۱/۷۸ تن در هکتار اندازه‌گیری شد که با میزان افت نی خردشده در رقم CP73-21 در مزرعه‌ی کشت اول و با سرعت زیاد دستگاه که برابر ۱/۶۳ تن در هکتار بود، تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشت (شکل ۵). همچنین کمترین میزان افت نی خرد شده نیز در رقم CP73-21 در مزرعه‌ی بازرویی ۲ و با سرعت کم برابر ۰/۳۵ تن در هکتار اندازه‌گیری شد (شکل ۶). خوپراتیپ (Khawprateep, 2019) در پژوهشی به بررسی اثر سرعت حرکت بر میزان افت نی خرد شده در ماشین برداشت نیشکر پرداختند. نتایج نشان داد که تنظیم صحیح حرکت ماشین برداشت متناسب با شرایط محصول و شرایط مزرعه می‌توانند باعث کاهش میزان افت در عملیات برداشت شود.



شکل ۳- نی قدی برداشت نشده

Fig.3. Non-harvested full-length sugarcane



شکل ٤– اثر متقابل تیمارهای رقم، سن و سرعت دستگاه بر میزان افت نی قدی

Fig.4. Interaction of cultivar, age and machine speed on the amount of losses in full-length sugarcane

همچنین سیلوا و همکاران (Silva, Neves, Correa, & Souza, 2021) نشان دادند که سرعت حرکت پایین (۱/۳۲ متر بر ثانیه) در برداشت نیشکر به‌خصوص در روش برداشت سبز باعث کاهش میزان افت ماشین برداشت خواهد شد.

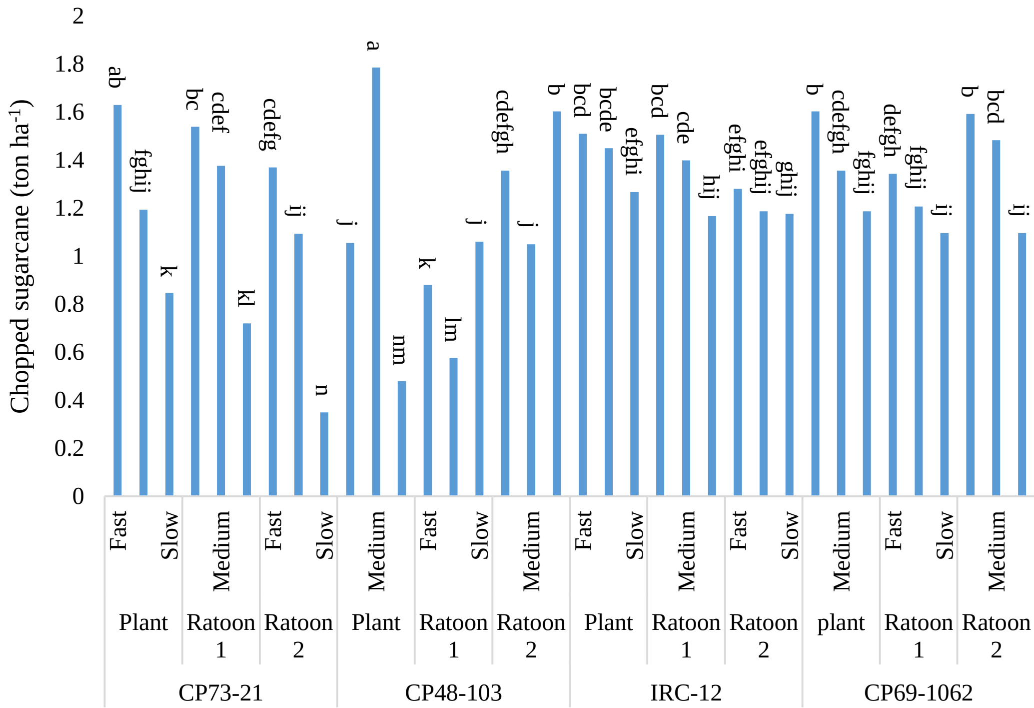
نی تراشه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، سن مزرعه، سرعت دستگاه، اثر متقابل رقم و سرعت دستگاه و همچنین اثر متقابل سن مزرعه و سرعت دستگاه با سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل رقم و سن مزرعه با سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر روی میزان افت نی تراشه داشت (شکل ۷). همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل رقم، سن مزرعه و سرعت دستگاه بر روی میزان افت نی تراشه تأثیر معنی‌داری ندارد (جدول ۲).



شکل ۵– افت قلمه‌ی نیشکر

Fig.5. Losses of chopped sugarcane



شکل ٦- اثر متقابل تیمارهای رقم، سن و سرعت دستگاه بر میزان افت نی خرد شده

Fig.6. Interaction of cultivar, age and machine speed treatments on the amount of losses in chopped sugarcane

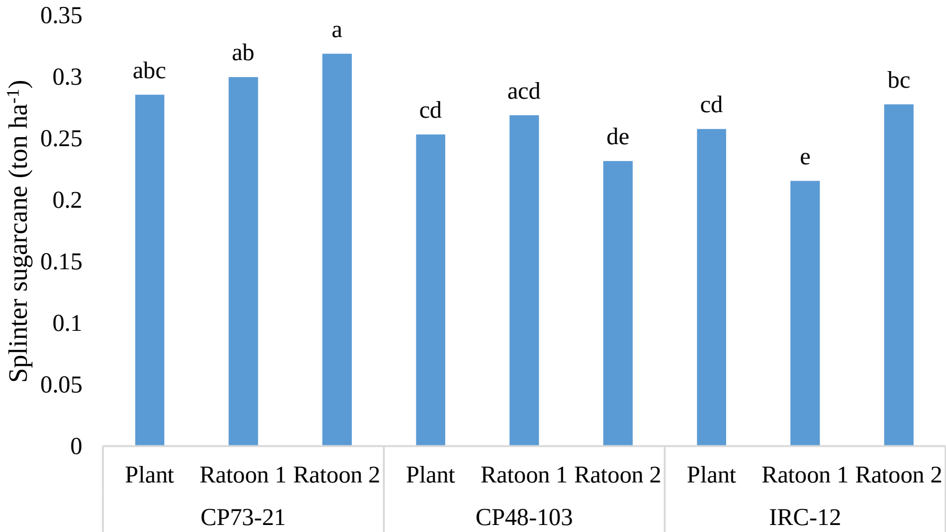
با توجه به نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد که بیشترین میزان افت نی تراشه در رقم CP73-21 در مزرعه‌ی بازرویی دو برابر ۰/۳۱۹ تن در هکتار و کمترین میزان آن در رقم IRC-12 در مزرعه‌ی بازرویی یک برابر ۰/۲۱۶ تن در هکتار اندازه‌گیری شد (شکل ۸). ویاتور و همکاران (Viator *et al.*, 2007) در بررسی تأثیر سرعت فن و ماشین برداشت بر روی عملکرد و کیفیت نیشکر گزارش کردند که سرعت ماشین برداشت بر روی میزان ضایعات نیشکر تأثیر معنی‌داری نداشت اما اثر متقابل آن با سرعت فن بر روی میزان ضایعات تأثیر معنی‌داری داشت به‌طوری‌که سرعت ۴/۸ کیلومتر با سرعت اولیه فن به میزان ۱۰۵۰ دور در دقیقه بهترین عملکرد مشاهده شد.



شکل ۷- افت نی تراشه

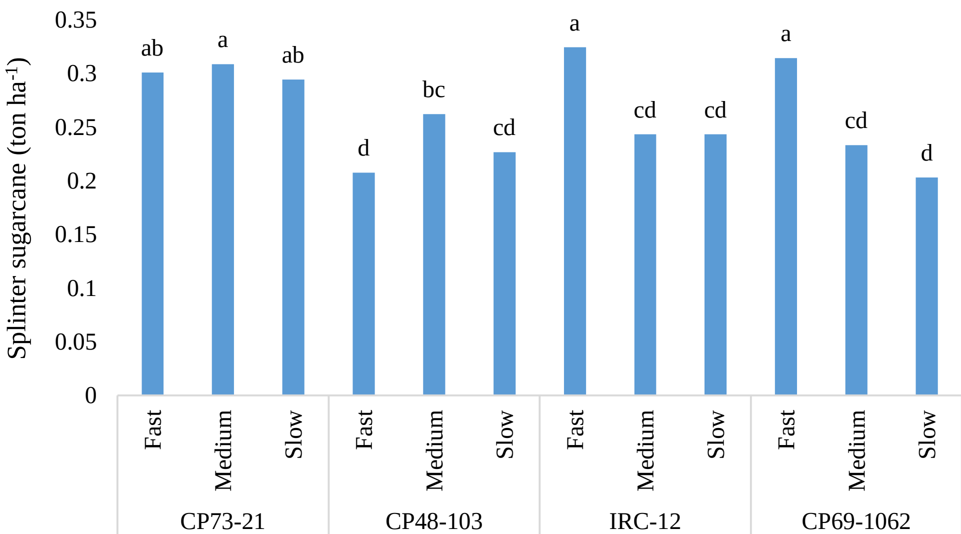
Fig.7. Losses of splinter sugarcane

با توجه به نتایج مقایسه میانگین تحت اثر متقابل رقم و سرعت دستگاه نیز مشاهده شد که بیشترین میزان افت نی تراشه در رقم CP69-1062 و سرعت بالای دستگاه برابر ۰/۳۱۴ تن در هکتار و همچنین رقم IRC-12 و سرعت بالای دستگاه برابر ۰/۳۰۸ تن در هکتار اندازه‌گیری شد و کمترین میزان افت نی تراشه نیز در CP69-1062 و سرعت کم دستگاه برابر ۰/۲۰۳ تن در هکتار و رقم IRC-12 و سرعت بالای دستگاه برداشت برابر ۰/۲۰۷ تن در هکتار اندازه‌گیری شد (شکل ۹). تحت اثر متقابل سن مزرعه و سرعت ماشین برداشت نیز نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان افت نی تراشه در مزرعه‌ی بازرویی یک و سرعت بالای ماشین برداشت برابر ۰/۳۰۰ تن در هکتار و کمترین میزان آن نیز در مزرعه‌ی کشت اول و با سرعت کم دستگاه برابر ۰/۲۳۲ تن در هکتار اندازه‌گیری شد (شکل ۱۰). به‌طور کلی، یکی از دلایل ایجاد افت در فرآیند تولید نیشکر می‌تواند استفاده از ارقام ضعیف باشد.



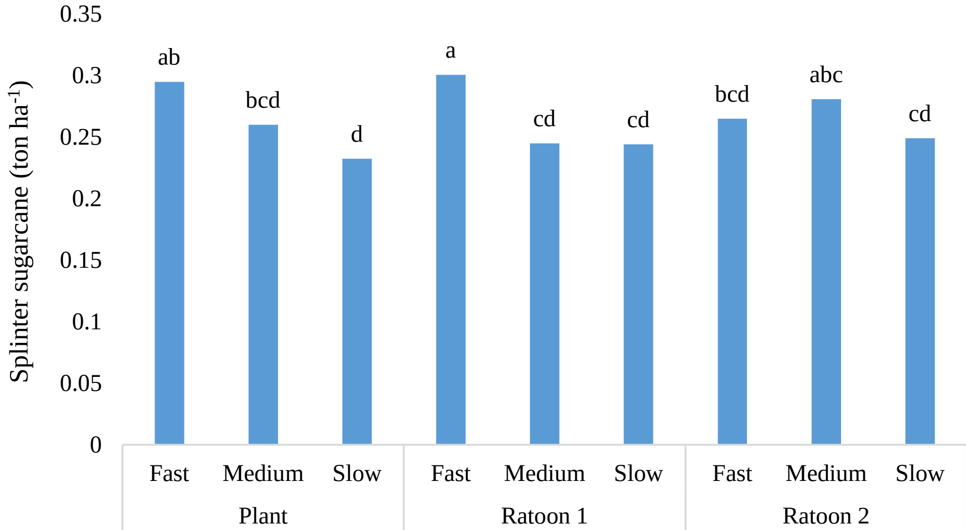
شکل ۸– اثر متقابل تیمارهای رقم و سن بر میزان افت نی تراشه

Fig.8. Interaction of cultivar and age treatments on the amount of losses in splinter sugarcane



شکل ۹– اثر متقابل تیمارهای رقم و سرعت دستگاه بر میزان افت نی تراشه

Fig.9. Interaction of cultivar and machine speed treatments on the amount of losses in splinter sugarcane



شکل ۱۰- اثر متقابل تیمارهای سن و سرعت دستگاه بر میزان نی تراشه

Fig.10. Interaction of age and machine speed treatments on the amount of losses in splinter sugarcane

شمیلی (Shomeili, 2012) استفاده از قلمه‌های معیوب و آلوده، ژنوتیپ‌های حساس به سزامیا و سایر آفات را از جمله علل ایجاد افت در فرآیند تولید نیشکر برشمرده است. همچنین عدم جوانه‌زنی کامل و یکنواخت در مزارع نیز که ناشی از خلوص ژنتیکی پایین ارقام می‌باشد، یکی از علل ایجاد افت در مزارع نیشکر قلمداد شده است. مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2020b) در بررسی شاخص‌های کمی و کیفی برداشت سبز و سوخته ارقام نیشکر بیان کردند تأثیر ژنتیک و سن مزرعه بر روی میزان ضایعات نیشکر معنی‌دار بود. بر این اساس بیشترین ضایعات نی تراش شده به میزان ۲/۶۵ تن در هکتار و بیشترین ضایعات کل برداشت به میزان ۱۲/۱۴ تن در هکتار متعلق به رقم زودرس CP73-21 بود. ازآنجاکه رقم‌های نیشکر از لحاظ ارتفاع ساقه و تعداد برگ دوره رسیدگی و تحمل در برابر ورس متفاوت می‌باشند، بنابراین نقش رقم در میزان ضایعات در حین برداشت بسیار مهم و تأثیرگذار می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در کشت و صنعت‌های نیشکر طی مراحل تهیه زمین، کاشت، داشت، برداشت، حمل نی، بازرویی و فرآوری پس از برداشت کنترل منابع ایجاد افت در افزایش عملکرد و جلوگیری از به هدر رفتن محصول نقشی اساسی دارد. عملیات برداشت به‌خاطر افت ناشی از عملکرد ماشین برداشت، مسائل مربوط به نیروی انسانی شامل اپراتوری و مجموعه‌ی سرپرستی، افت ناشی از عملکرد لیلیکو (مشابه برداشت دستی)، فشردگی خاک، انتقال بیماری، آسیب به کنده‌های نیشکر، برداشت تأخیری، افت ناشی از آتش زدن مزرعه نیشکر، افت ناشی از خاشاک همراه نیشکر و شرایط مزرعه نقش به‌سزایی در ایجاد افت طی فرآیند تولید نیشکر دارند. افت در مرحله‌ی برداشت عینی‌تر بوده و عمدتاً متوجه کارایی ماشین‌های برداشت است. نتایج تحقیق نشان داد بیشترین میزان عملکرد در رقم CP69-1062 در مزرعه‌ی کشت اول و با سرعت متوسط دستگاه بود. همچنین بیشترین میزان افت نی قدی در رقم CP48-103 در بازرویی دوم و با سرعت بالای دستگاه و بیشترین میزان افت نی خرد شده در رقم CP48-103 در مزرعه‌ی کشت اول و با سرعت متوسط اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج تحت اثر متقابل رقم و سرعت دستگاه، بیشترین میزان افت نی تراشه در رقم CP69-1062 و سرعت بالای دستگاه و همچنین رقم IRC-12 و سرعت بالای دستگاه و تحت اثر متقابل سن مزرعه و سرعت ماشین برداشت بیشترین میزان ضایعات نی تراشه در مزرعه بازرویی یک و سرعت بالای ماشین برداشت بود. بنابراین جهت کاهش میزان ضایعات در مزارع نیشکر توصیه می‌شود که از ارقام مقاوم و تا حدودی دیررس‌تر جهت کشت استفاده شود چرا که ارقام زودرس به دلیل تردی ساقه، احتمال شکنندگی بیشتری در حین برداشت دارند و میزان افت افزایش می‌یابد. همچنین سرعت حرکت ماشین برداشت را جهت کاهش میزان افت، بهینه نمایند و با توجه به افزایش میزان افت در مزارع بازرویی توصیه می‌شود به‌وسیله‌ی تغذیه مناسب گیاه و رسیدگی بیشتر، بافت ساقه مقاوم‌تری ایجاد نمود تا میزان افت در مزارع بازرویی نیز کاهش یابد.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز بابت تأمین هزینه‌های این پژوهش سپاسگزاری می‌نمایند.

References

1. Adibzadeh, A., & Zaki Dizaji, H. (2019). Reducing straw fall losses in machine harvesting of sugarcane by correcting sugarcane harvester alvator. 11th National Congress of Mechanical Engineering, Biosystems and Mechanization of Iran, September 11-13, Hamedan, Iran. (in Persian).
2. Ahmadi, S., Asudar, M. A., Jamshidi, A. R., & Shamili, M. (2014). *Design and construction of intelligent waste detection system in the initial license of sugarcane harvesters*. The first national conference on new technologies of harvesting and post-harvest agricultural products. Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center. (in Persian).
3. Ashraf, M. T., Naik, R. K., & Roy, D. K. (2018). Performance Evaluation of Small Engine Operated Sugarcane Harvester. *Trends in Biosciences, 11*(4), 517-521.
4. Coats, W. E. (2001). Reduced tillage systems for irrigated cotton: Is soil compaction a concern? *Applied Engineering in Agriculture, 17*(3), 273-279. https://doi.org/10.13031/2013.6207
5. Colwick, R. F., & Barker, G. L. (1975). Controlled traffic and reduced inputs for cotton production. *American Society of Agricultural Engineers, 75*, 1051.
6. Hassan, M. A. (2019). Evaluation of Cutting Blades Impact on Productivity and Performance of Sugar Cane Harvesting Machine. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, 10*(9), 527-532. https://doi.org/10.21608/jssae.2019.62567
7. Khawprateep, S. (2019). *Understanding the impacts of pour rate on sugar losses from the chopper harvester*. Thesis (PhD/Research). Institute for Advanced Engineering and Space Sciences- Centre for Agricultural Engineering. https://doi.org/10.26192/3xzs-af93
8. Meyer, E. (2005). *Machinery systems for sugarcane production in South Africa*. MSc Eng Seminar, South African Sugarcane Research Institute. 36 p.
9. Momin, M. A., Wempe, P. A., Grift, T. E., & Hansen, A. C. (2017). Effects of four base cutter blade designs on sugarcane stem cut quality. *Transactions of the ASABE, 60*(5), 1551-1560. https://doi.org/10.13031/trans.12345
10. Ma, S., Karkee, M., Scharf, P. A., & Zhang, Q. (2014). Sugarcane harvester technology: a critical overview. *Applied Engineering in Agriculture, 30*(5): 727-739. https://doi.org/10.13031/aea.30.10696
11. Mathanker, S. K., Gan, H., Buss, J. C., Lawson, B., Hansen, A. C., & Ting, K. C. (2015). Power requirements and field performance in harvesting energy cane and sugarcane. *Biomass and Bioenergy, 75*, 227-234. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.02.025
12. Moradi, R., Siadat, A., Siahpoosh, A., Bakhshandeh, A., & Moradi Talawat, M. R. (2020a). The effect of changing the harvest method on agronomic and physiological characteristics of sugarcane cultivars. *Journal of Applied Biology, 8* (1): 19-32. (in Persian). https://doi.org/10.29252/ijae.8.1.19
13. Moradi, R., Siadat, A., Siahpoosh, A., Bakhshandeh, A., & Moradi Talawat, M. R. (2020b). Evaluation of syrup quality indicators in green and burnt sugarcane harvest. *Journal of Crop Production, 12*(1), 99-110. (in Persian). https://doi.org/10.22055/ppd.2019.25618.1595
14. Monjezi, N., Zaki Dizaji, H., Sheikh Davoodi, M. J., Marzban, A., & Shamili, M. (2018). Application of fuzzy Garrett method in scheduling sugarcane production operations. *Journal of Agricultural Engineering (Scientific Journal of Agriculture), 40*(1), 125-139. (in Persian).
15. Monjezi, N. (2019). Prevalence of musculoskeletal disorders and risk assessment in sugarcane workers using RULA method and provide a suitable solution. *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery, 8*(1), 99-106. (in Persian).
16. Monjezi, N. (2021). Ergonomic Evaluation Posture of Sugarcane Workers using REBA Method. *Journal of Agricultural Machinery, 11*(2), 477- 489. (in Persian). https://doi.org/10.22067/jam.v11i2.78574
17. Qasem Nejad Maleki, H. M. (2000). *Investigation of sugar wastes due to mechanical harvesting of sugarcane*. MSc Thesis in Agricultural Mechanization, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. (in Persian).
18. Ramos, C. R. G., Lanças, K. P., de Lyra, G. A., & Millani, T. M. (2014). Quality of sugar cane mechanized harvest as function of the forward speed and engine rotation of the harvester. *Energia na Agricultura, 29*(2), 87-94. https://doi.org/10.17224/energagric.2014v29n2p87-94
19. Schroeder, B., Panitz, J., Linedale, T., Whiteing, C., Callow, B., Samson, P., & Allsopp, P. (2009). Smart Cane harvesting and ratoon management: TE09004 BSES Limited Technical Publication. BSES Limited, Brisbane.
20. Siritumajak, J., & Pramuanjaroenkij, A. (2020). The optimum speed investigation of the CASE harvester cleaning fan for KK3 sugarcane. *International Journal of Environmental and Rural Development, 10*(1), 34-39.
21. Silva, J., Neves, L. O., Correa, M. H. F., & Souza, C. H. W. (2021). Quality Indexes and Performance in Mechanized Harvesting of Sugarcane at a Burnt Cane and Green Cane. *Sugar Tech., 23*, 499-507.

https://doi.org/10.1007/s12355-021-00957-9

22. Shomeili, M. (2012). *Evaluation of agricultural wastes produced during operation of sugarcane production*. In CD Proceedings of the 7th conference of Iranian sugar cane technologists. February: 21-23.
23. Viator, R. P., Richard, E. P., Viator, B. J., Jackson, W., Waguespack, H. L., & Birkett, H. S. (2007). Sugarcane chopper harvester extractor fan and ground speed effects on yield and quality. *Applied Engineering in Agriculture*, *23*(1), 31-34. https://doi.org/10.13031/2013.22327
24. Volashjerdi, M. M., Hamzeh, S., Moghaddasi, M., & Shini Dashtgol, A. (2018). Modeling the yield of sugarcane using a hybrid model based on remote sensing data. *Journal of Soil and Water Conservation Research*, *25*(6), 141-158. (in Persian). https://doi.org/10.22069/jwsc.2019.12252.2676
25. Wiedenfeld, B. (2009). Effects of green harvesting vs burning on soil properties, growth and yield of sugarcane in South Texas. Effects of green harvesting vs burning on soil properties, growth and yield of sugarcane in South Texas, 29, 102-109.
26. Zaki Dizaji, H., & Monjezi, N. (2019). Evaluate the sources of waste generation during the sugarcane production process and provide solutions to reduce waste. *Journal of Agricultural Machinery*, *8*(1) 67-77. (in Persian). https://doi.org/10.22067/jam.v8i1.59027